

# APORTES CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DEL INIA A LAS **TRAYECTORIAS AGROECOLÓGICAS**

Editores: Georgina Paula García-Inza, José Paruelo y Roberto Zoppolo



## Capítulo 21

# Uso de la sombra como herramienta de mitigación del riesgo de estrés calórico en sistemas de producción animal

Pablo Rovira, Alejandro La Manna y Guadalupe Tiscornia

### **1. Introducción. Estrés calórico: importancia para el animal (producción ganadera y lechera), el productor, la sociedad y el ambiente**

El clima es uno de los factores más importantes en determinar el crecimiento y el desarrollo de animales destinados a la producción de alimentos y fibras. Las condiciones climáticas inciden en la viabilidad productiva y económica de los sistemas de producción animal, incluyendo cambios en la producción y la calidad de forraje, en la disponibilidad de agua, en la alteración de la dinámica de poblaciones de plagas y patógenos, y generando impactos directos en la salud, el bienestar, la conducta y la productividad de los animales (Thornton *et al.*, 2009).

El estrés calórico es uno de los impactos directos más importantes sobre los animales y se estima que lo será aún más en el futuro debido a la proyección de incremento global de la temperatura de la superficie terrestre y mayor frecuencia de olas de calor, y al continuo mejoramiento de la productividad animal asociada a genotipos superiores con mayor actividad metabólica y producción de calor corporal (St-Pierre *et al.*, 2003; IPCC, 2018; Collier *et al.*, 2019). Los animales expuestos a condiciones de estrés calórico ven afectadas su reproducción, ganancia de peso, producción y calidad de leche, entre otros atributos (Roman *et al.*, 2017; Clariget *et al.*, 2018). Dichas consecuencias son producto de alteraciones que ocurren a nivel tisular, metabólico y fisiológico, incluyendo daño oxidativo y necrosis celular, movilización y redireccionamiento de

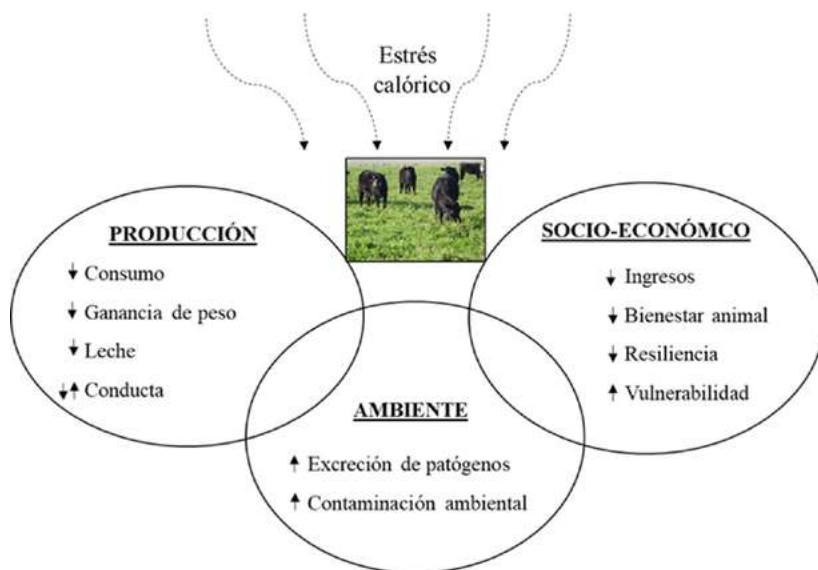
nutrientes, cambios en la concentración de glucosa e insulina en sangre, entre otros mecanismos (Baumgard y Rhoads Jr., 2005; Belhadj Slimen *et al.*, 2015). La menor productividad repercute en el resultado económico de la empresa al disminuir el ingreso debido a pérdidas que pueden ser tangibles (por ejemplo, la mortandad por estrés calórico) o intangibles (por ejemplo, el kg de peso vivo o los litros de leche que se dejan de producir por estrés calórico).

Sistemas ganaderos sin medidas proactivas de prevención y mitigación del estrés calórico animal son menos resilientes y más vulnerables, dos de los principales atributos propuestos por Bacon *et al.* (2012) para evaluar la dimensión social de la sostenibilidad de sistemas ganaderos. El estrés calórico repercute en el bienestar de los animales destinados a la producción de alimentos. Animales expuestos a estrés calórico incrementan la temperatura corporal interna, presentan síntomas de jadeo y reducen el consumo de alimentos, comprometiendo algunas de las libertades básicas del bienestar animal como ser la ausencia de malestar físico y térmico, o la expresión de patrones de comportamiento normal (FAWC, 1992). El bienestar animal es un atributo del proceso de producción, más allá de las cualidades intrínsecas del producto final, cada vez más importantes para el consumidor final y la sociedad en su conjunto en el momento de definir la compra de alimentos de origen animal.

Los animales bajo estrés calórico cambian su comportamiento, aumentando los riesgos para el ambiente. Estos animales se refrescan ingresando a tajamares y arroyos donde defecan y orinan, contaminando el recurso hídrico. Además, los animales estresados presentan mayor nivel de excreción de bacterias patogénicas (*Escherichia coli* O157:H7 y *Salmonella* spp.) a través de las heces (Edrington *et al.*, 2004; Venegas-Vargas *et al.*, 2016; Hamel *et al.*, 2021). Esto incrementa el riesgo de contaminación, no solo de otros animales sino también de personas y de cultivos destinados a consumo humano.

Entender el efecto del estrés calórico en animales de producción e identificar alternativas para su mitigación tiene implicancias productivas, socioeconómicas y ambientales (Figura 1). Hasta hace poco, se veía como una problemática restringida a regiones tropicales, pero hoy se reconoce que se ha extendido a regiones más templadas en un escenario de cambio climático (Perkins-Kirkpatrick y Lewis, 2020) y que, por lo tanto, los sistemas tradicionales de producción en estas zonas también deben transitar un camino de adaptación a la nueva realidad.

**FIGURA 1.** IMPACTO DEL ESTRÉS CALÓRICO EN LAS DIMENSIONES PRODUCTIVA, AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Fuente: Elaboración propia.

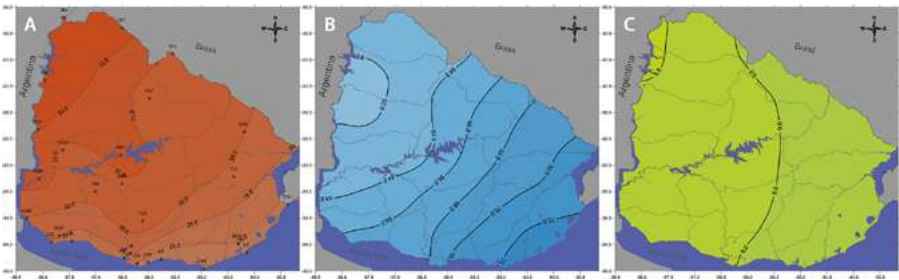
El impacto del estrés calórico en los animales puede ser mitigado mediante modificaciones en el ambiente, cambios en el manejo y en la dieta ofrecida a los animales, y/o mediante la selección de animales o razas más tolerantes a las altas temperaturas (Renaudeau *et al.*, 2012). En una encuesta realizada a productores ganaderos en Uruguay (MGAP-OPYPA, 2018), el 49% de los encuestados menciona la mejora en la disponibilidad de sombra como una medida o acción que puede emplearse para reducir la vulnerabilidad al cambio climático.

Todos estos conceptos son válidos para cualquier sistema de producción, pero son aún más relevantes en sistemas bajo transiciones agroecológicas, en los que las dimensiones productiva, ambiental, económica y social juegan un rol central. En el presente capítulo, abordamos la provisión de sombra a los animales como una modificación del ambiente para favorecer el desarrollo de sistemas de producción animal más sostenibles en un contexto de cambio climático y mayor riesgo de estrés calórico animal.

## 2. Situación actual

Las principales variables ambientales que intervienen en el estrés térmico son la temperatura media del aire, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento (Thom, 1959). En el caso de Uruguay, y de acuerdo con lo analizado por Castaño *et al.* (2011), la temperatura más alta se presenta en los meses de enero y febrero (temperatura máxima media de 22,6 °C) exhibiendo las temperaturas extremas medias del aire un gradiente creciente de sur a norte (Figura 2A). La humedad relativa promedio del aire sobre el país muestra una tendencia creciente en dirección noroeste-sureste (valores medios anual entre 70 y 78%), registrándose los menores valores durante el verano (65-75%) (Figura 2B). La heliofanía real (insolación) media sobre el país presenta una variación espacial mínima, con una tendencia creciente en dirección sureste-noroeste (insolación media diaria de aproximadamente 7 horas), ocurriendo los mayores valores en enero (9,0-9,5 h/día) (Figura 2C).

**FIGURA 2.** MAPAS NACIONALES QUE MUESTRAN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS PRINCIPALES VARIABLES CLIMÁTICAS INVOLUCRADAS EN EL ESTRÉS TÉRMICO EN GANADO BOVINO EN EL MES DE ENERO: TEMPERATURA MÁXIMA MEDIAS EN GRADOS CELSIUS (A), HUMEDAD RELATIVA MEDIA EN PORCENTAJE (B) Y HELIOFANÍA MEDIA EN HORAS AL DÍA (C) EN LOS EJES X E Y SE MUESTRAN LAS COORDENADAS DE LONGITUD Y LATITUD, RESPECTIVAMENTE.



Fuente: Castaño et al. (2011).

Finalmente, los vientos predominantes son del norte al este (N a E), siendo los vientos del sector sureste (SE) importantes en la costa durante el semestre cálido (octubre a abril), mientras que durante el otoño y el invierno se observa un incremento en la frecuencia de vientos sur a oeste (S a O) (Nagy *et al.*, 2018).

Si bien, como se mencionara antes, Uruguay no se encuentra en una zona donde el estrés térmico para bovinos se dé en forma sostenida y peligrosa, los resultados de investigación del INIA (Rovira y Velazco, 2010; Román *et al.*, 2017; Clariget *et al.*, 2018) han demostrado importantes pérdidas, debido a los cambios fisiológicos y metabólicos en los animales por no disponer de mecanismos de mitigación.

El impacto del calor se puede estimar a través de diferentes índices, que se diferencian en el peso que le dan a cada uno de los componentes, principalmente temperatura y/o humedad (Bohmanova *et al.*, 2007). El más utilizado a nivel mundial es el conocido como índice de temperatura y humedad (ITH) (Thom, 1959), que nos permite caracterizar el ambiente y relacionarlo con la respuesta biológica del ganado (St-Pierre *et al.*, 2003; Bernabucci *et al.*, 2010).

Existen dos variantes de este índice ITH, que se utilizan para dos sistemas distintos: lechería y ganadería de carne. Cada uno de ellos tiene umbrales de riesgo característicos:

- ITH ganado lechero (Thom, 1959). Fórmula Valtorta y Gallardo (1996):

$$\text{ITH} = (1,8 \times \text{Ta} + 32) - (0,55 - 0,55 \times \text{HR}/100) \times (1,8 \times \text{Ta} - 26)$$

Siendo los valores mayores a 72 los de condiciones de peligro o emergencia (Zimbelman *et al.*, 2009).

- ITH ganado de carne (Mader *et al.*, 2006):

$$\text{ITH ajustado} = 6,8 + \text{ITH} - (3,075 \times \text{VV}) + (0,0114 \times \text{RAD})$$

Siendo los valores mayores a 75 los de condiciones de peligro o emergencia (Hahn *et al.*, 2009).

Donde:

Ta = temperatura media diaria del aire (°C),

HR = humedad relativa media diaria del aire (%),

VV = velocidad media diaria del viento a 2 m de altura (m/s),

RAD = radiación solar diaria (W/m<sup>2</sup>).

Cabe destacar que, sobre esta base y para que productores y técnicos puedan disponer del ITH con siete días de anticipación es que des-

de el INIA se desarrolló una herramienta web.<sup>1</sup> Esta previsión de estrés calórico en bovinos, disponible para los dos sistemas productivos antes mencionados,<sup>2</sup> permite anticiparse y tomar las medidas necesarias para minimizar los efectos del estrés por calor y evitar pérdidas en bienestar y producción animal.

En lo que se refiere al análisis histórico de este índice para las estaciones agroclimáticas del INIA donde estas producciones son más relevantes (INIA La Estanzuela, INIA Treinta y Tres, INIA Salto Grande e INIA Tacuarembó), se determinó el número de días promedio por mes con condiciones de peligro sobre la base de la serie histórica de cada estación (Tabla 1). Para el caso de INIA La Estanzuela, se consideró un período de 56 años; para INIA Treinta y Tres, fueron 34 años; INIA Salto Grande, con 51 años; e INIA Tacuarembó, 35 años. Cabe destacar que los períodos considerados en las series históricas varían en función del índice que se calcula debido a las variables requeridas.

**TABLA 1.** PROMEDIO DE DÍAS, PARA CADA MES DEL AÑO, CON VALORES MAYORES AL UMBRAL DEL RIESGO “PELIGRO” EN CUATRO ESTACIONES AGROCLIMÁTICAS INIA, SOBRE LA BASE DE LA SERIE HISTÓRICA EXISTENTE PARA CADA ESTACIÓN

Mes	ITH Thom				ITH Mader <i>et al.</i>			
	LE	TT	SG	Tbo	LE	TT	SG	Tbo
1	13,32 (± 4,42)	14,37 (± 5,38)	23,71 (± 4,14)	15,23 (± 4,39)	11,75 (± 4,64)	10,72 (± 4,52)	24,05 (± 3,74)	18,54 (± 4,92)
2	9,09 (± 4,63)	10,76 (± 5,09)	17,68 (± 3,78)	11,24 (± 5,08)	8,38 (± 4,4)	9,42 (± 4,57)	19,72 (± 3,65)	15,09 (± 4,5)
3	4,07 (± 3,46)	5,21 (± 4,14)	12,44 (± 5,32)	6,27 (± 4,55)	3,69 (± 3,49)	5,74 (± 4,92)	15,97 (± 5,22)	10,59 (± 5,34)

(Continúa en página siguiente)

1 Portal INIA, “Previsión de estrés calórico en bovinos”. Disponible en: <<http://www.inia.uy/gras/Alertas-y-herramientas/Prevision-ITH-Vacunos#:~:text=Las%20condiciones%20predispone%20al%20estr%C3%A9s,m%C3%A1s%20utilizado%20a%20nivel%20mundial>>.

2 Portal INIA, “Previsión ITH lechería”. Disponible en: <<http://www.inia.uy/gras/Alertas-y-herramientas/Prevision-ITH-Vacunos/Prevision-ITH-lecheria>>; y portal INIA, “Previsión ITH carne”. Disponible en: <<http://www.inia.uy/gras/Alertas-y-herramientas/Prevision-ITH-Vacunos/Prevision-ITH-carne>>.

4	0,56 (± 1,45)	0,73 (± 1,49)	3,39 (± 3,2)	1,44 (± 2,03)	0,27 (± 0,65)	1,07 (± 1,88)	4,54 (± 3,73)	2,21 (± 2,43)
5	0,13 (± 0,51)	0,21 (± 0,55)	0,81 (± 1,48)	0,24 (± 0,86)	0	0,13 (± 0,57)	0,8 (± 1,3)	0,21 (± 0,59)
6	0	0	0,22 (± 0,52)	0,03 (± 0,17)	0	0	0,23 (± 0,67)	0,03 (± 0,17)
7	0,04 (± 0,27)	0,09 (± 0,38)	0,15 (± 0,55)	0,03 (± 0,17)	0	0,03 (± 0,18)	0,1 (± 0,38)	0
8	0,07 (± 0,33)	0,12 (± 0,33)	0,73 (± 1,14)	0,21 (± 0,48)	0	0,03 (± 0,178)	0,29 (± 0,6)	0,1 (± 0,29)
9	0,13 (± 0,43)	0,12 (± 0,54)	1,02 (± 1,47)	0,41 (± 0,93)	0,02 (± 0,14)	0,03 (± 0,18)	0,71 (± 1,35)	0,18 (± 0,87)
10	0,27 (± 0,65)	0,21 (± 0,48)	2,85 (± 2,49)	0,71 (± 1,27)	0,18 (± 0,51)	0,18 (± 0,73)	3,22 (± 2,19)	1 (± 1,28)
11	1,68 (± 1,69)	1,88 (± 1,77)	7,15 (± 3,8)	2,88 (± 1,92)	1,69 (± 2,31)	1,81 (± 1,78)	10,02 (± 3,99)	4,82 (± 3,32)
12	7,59 (± 4,08)	7,41 (± 4,43)	16,81 (± 4,94)	9,27 (± 4,34)	6,82 (± 3,79)	6,38 (± 4,17)	18,81 (± 4,91)	12,09 (± 5,36)

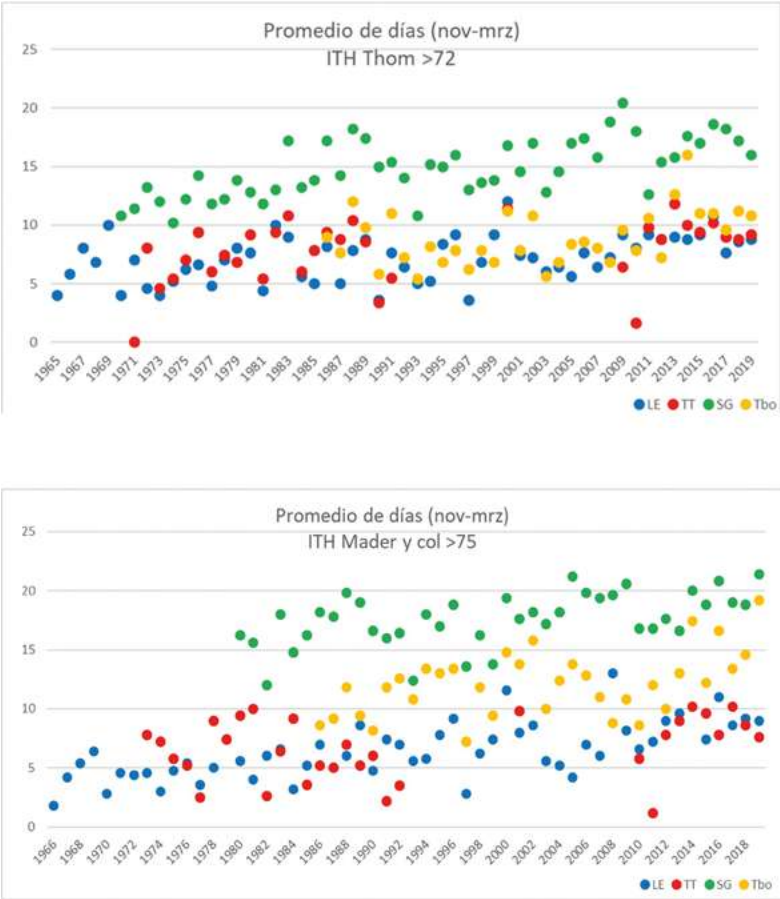
*Nota: LE: INIA La Estanzuela; TT: INIA Treinta y Tres; SG: INIA Salto Grande; TBO: INIA Tacuarembó.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Considerando el período noviembre a marzo, que es cuando se da la mayor cantidad de días con umbrales superiores al nivel de peligro, vemos una diferenciación a nivel nacional dada por las diferencias entre el comportamiento de las variables en cada región del país (Figura 3).



**FIGURA 3.** PROMEDIO ANUAL (PERÍODO NOVIEMBRE A MARZO) DE DÍAS CON ITH MAYOR AL UMBRAL DE “PELIGRO” PARA CADA SISTEMA PRODUCTIVO (LECHERÍA: THOM; Y GANADERÍA DE CARNE: MADER ET AL.) Y CADA UNA DE LAS CUATRO ESTACIONES AGROCLIMÁTICAS INIA CONSIDERADAS



Nota: LE: INIA La Estanzuela; TT: INIA Treinta y Tres; SG: INIA Salto Grande; Tbo: INIA Tacuarembó. Cada año corresponde al período noviembre de ese año-marzo del año siguiente.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con este análisis, las medidas que son necesarias tomar van a depender, no solo de las condiciones propias del predio sino de la región, siendo, en este caso, INIA Salto Grande donde se registra la mayor cantidad de días con valores sobre el umbral de peligro para ambos sistemas productivos.

De la información climática presentada se puede concluir que en Uruguay existen condiciones para el desarrollo de estrés calórico. Sin embargo, la provisión de sombra para los animales como herramienta práctica de mitigación no es algo generalizado en los sistemas de producción. En un relevamiento realizado en establecimientos lecheros en Uruguay, Huertas *et al.* (2013) encontraron que en el 68% de las visitas realizadas los corrales de espera no disponían de sombra para los animales. En bovinos para carne, en una encuesta tecnológica realizada a productores ganaderos se encontró que solo el 21% de los establecimientos disponía de sombra en todos los potreros, el 41% en más del 50% de los potreros, mientras que el 38% no disponía de sombra en los potreros (Pravia *et al.*, 2013).

A pesar de que en Uruguay existen aproximadamente 752.000 ha de bosque nativo y 689.000 ha forestadas desde el año 1990 (Marrero y Bizzarero, 2017), la distribución heterogénea de la sombra en los potreros de pastoreo y restricciones de acceso de los animales a los montes y plantaciones limitan el beneficio directo del suministro de sombra a estos. En el corto y mediano plazo es de esperar que mejore la disponibilidad de sombra para los animales, estimulada por la evidencia científica que resalta el impacto de la sombra y por la promoción de inversiones en infraestructura (por ejemplo, agua, sombra, subdivisiones) para enfrentar la variabilidad y el cambio climático (MGAP, 2020).

### **3. Tecnologías propuestas**

Existen tres áreas en las que se puede buscar mitigar el estrés calórico en los rumiantes, que son el manejo del ambiente, la dieta y la genética (Beede y Collier, 1986). En Uruguay, la que tiene mayor incidencia y aplicabilidad es el manejo del ambiente, principalmente a través del uso de sombras, ya sean naturales o artificiales.

### 3.1. Sombra natural

El uso de sombras previene la incidencia de la radiación solar directa e indirecta sobre los animales. La sombra natural es una de las más efectivas (Figura 4), ya que no solo disminuye la incidencia de la radiación solar, sino que también produce una disminución de la temperatura del aire por la evaporación de agua desde las hojas (Saravia *et al.*, 2003).

Sumado a esto, si la implementación se da con especies nativas o si se aprovechan bosques nativos existentes, el beneficio ambiental aumenta. La integración de los montes nativos como sombra y abrigo para el ganado en sistemas ganaderos extensivos puede resultar clave, dado que su papel trasciende este aspecto, brindando además diferentes servicios ecosistémicos (Tiscornia *et al.*, 2022). No solo brindan servicio de sombra y abrigo para el ganado, sino que colaboran en funciones ecosistémicas de soporte (como la productividad primaria y hábitat) y en diferentes servicios de regulación como balance de carbono, control de erosión en suelo o calidad de agua (Brazeiro, 2018; Proyecto REDD+ Uruguay, 2019) (Figura 4). Adicionalmente, hay que destacar los bienes generados por los bosques nativos en la producción de leña o frutos, o, indirectamente, la miel (Brazeiro, 2018; Proyecto REDD+ Uruguay, 2019). Finalmente, el aporte de estos ambientes, desde el punto de vista social (paisaje, recreación), integra todos estos aspectos, sumamente importantes, que deberían tomarse en cuenta como parte estructural de los sistemas productivos con una visión sistémica de la integración de sombra y abrigo en la producción animal, y que cobran mayor relevancia cuando se habla de sistemas productivos que transitan hacia una producción sostenible, a través de los principios de la agroecología. Ello implica transiciones a diferentes escalas, niveles y dimensiones: social, biológica, económica, cultural, institucional y política (Tittonell, 2019).

Un análisis de los distintos aspectos del bosque nativo relacionados con degradación y estado, pero que incluye la interacción con sistemas productivos, fue abordado en el proyecto REDD+ (Programa para la Reducción de Emisiones causadas por la Deforestación y la Degradación forestal) Uruguay en el que el INIA estuvo involucrado. Uno de los objetivos planteados fue el de realizar recomendaciones que permitan integrar al bosque nativo en la gestión productiva del predio, fundado en la generación de una base teórica en torno de beneficios, oportunidades, desafíos y recomendaciones del uso de la cobertura forestal nativa en distintos sistemas de producción ganadera (Serie técnica INIA-REDD+, en prensa).

**FIGURA 4.** SOMBRA NATURAL GENERADA POR ÁRBOLES



Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, debemos mencionar también algunos aspectos que es necesario tener en cuenta. En el caso de tener que implantar estos árboles (sombra natural), se debe considerar que el desarrollo es lento, incluso cuando se apela a especies de rápido crecimiento como *Eucalyptus* o pino y más aún si se opta por especies nativas como el espinillo (*Scutia buxifolia*), del que se reportan crecimientos de alrededor de 3 mm por año en el diámetro de tronco a la altura del pecho para espinillo (Lucas *et al.*, 2018). Con relación a los costos, la implantación de sombra natural puede implicar mayores inversiones iniciales, sobre todo en la etapa de instalación, costos que seguramente puedan ser compensados con beneficios ecosistémicos en el largo plazo. Además, estos pueden verse afectados de modo adverso en situación de alta densidad de animales y sin la exclusión necesaria, debido a la concentración de heces y orina. Un ejemplo de esto se ha observado a nivel de campo, en montes de *Eucalyptus*, donde se constataba una clara afectación en los árboles debido a las altas cargas de ganado que, sin ningún tipo de exclusión, aprovechaban su sombra en forma permanente.

### **3.2. Sombra artificial**

Las sombras artificiales son una excelente alternativa, sin embargo, hay que tener en cuenta una serie de consideraciones en el momento de pla-

nearlas, como ser ubicación, orientación, área de sombra efectiva, tipo de material, altura y categoría a utilizar. Las mismas pueden ser construidas con metal, malla sombra, nylon, y pueden ser fijas o móviles. Las consideraciones prácticas para contemplar para la realización de estas sombras son las siguientes.

- Ubicación: la ubicación de la sombra debe ser con preferencia en un lugar alto bien drenado y lejos de cortinas de árboles de potreros contiguos, para que circule el viento. La pendiente del piso debe ser de 1,5 a 2,5% para ayudar a mantener el drenaje y menor mantención.
- Orientación de la sombra: cuando el material es tierra, balastro o afín, la orientación norte-sur permite un mejor secado del piso; y la caída del techo hacia el oeste (parte más baja) maximiza la sombra en los horarios de más calor. Cuando el piso es de concreto, la orientación este-oeste es la más adecuada, ya que maximiza la sombra, aunque no es lo más común. Para ganado lechero se recomienda la orientación norte-sur.
- Área efectiva de la sombra: depende de la categoría animal. Para las condiciones de Uruguay, los tamaños mínimos recomendados para vacas lecheras y vacas secas son de 4,5 m<sup>2</sup> (3-6 m<sup>2</sup>), dependiendo de la raza y el kilaje; para vaquillonas, 3,5 m<sup>2</sup>; y terneras, 2,5 m<sup>2</sup>. Para ganado de carne en terminación, 3,5 m<sup>2</sup> (3-5 m<sup>2</sup>). A mayor sombra efectiva es mejor, sin embargo, el costo aumenta.
- Altura de la sombra: a mayor altura es mejor, pero alturas de entre 3,7 m y 4,5 m ya son suficientes en la mayoría de los casos. Es muy importante respetar estas dimensiones, ya que de esto depende el grado de ventilación que tendrán los animales y, por lo tanto, la capacidad de alcanzar pérdidas de calor adecuadas. La altura mínima debe ser tal que permita pasar con un tractor para limpieza o reparación del suelo bajo la sombra. Pendiente del techo: alrededor de 15-18%, para evitar que se acumule agua de lluvia y favorecer, a la vez, un efecto chimenea para la remoción del calor. Si la orientación es norte-sur, la caída, o sea, el punto más bajo, debe ser al oeste; mientras que si la sombra es este-oeste, la caída debe ser hacia el norte. En instalaciones a dos aguas se recomienda dejar una abertura central de al menos 30 cm o mayor, dependiendo de su ancho, lo que permite la remoción del aire y evita el embolsamiento en caso de viento.

El tipo de material es importante ya que puede mejorar la efectividad. En la Tabla 2 se detallan diferentes materiales y sus posibles efectividades.

**TABLA 2.** EFECTIVIDAD RELATIVA AL ALUMINIO NUEVO NO TRATADO DE DIFERENTES MATERIALES PARA SOMBRAS

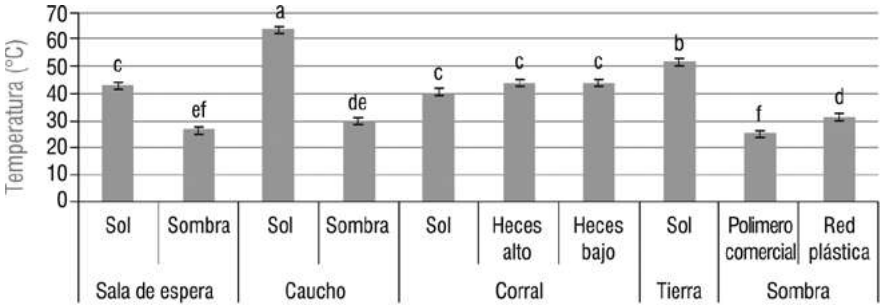
Material	Tratamiento	Efectividad relativa
Aluminio	Arriba blanco, abajo negro	1,103
Hierro galvanizado	Arriba blanco, abajo negro	1,066
Hierro galvanizado	Arriba blanco, abajo natural	1,053
Aluminio	Arriba blanco, abajo natural	1,049
Aluminio	Nuevo, no tratado	1,000
Aluminio	Con un año	0,994
Hierro galvanizado	Nuevo, no tratado	0,992
Hierro galvanizado	Con un año	0,985
Aluminio	Con 10 años	0,969
Malla sombrite	92% sólido	0,926
Malla sombrite	90% sólido	0,839

Fuente: Adaptado de Binns, Petrov y Lott (2002).

Las superficies también varían su temperatura de acuerdo con el tipo de superficie o material de la sombra que se tenga. Roman y La Manna (2015) evaluaron la temperatura de diferentes superficies al sol y a la sombra en diez oportunidades. Las superficies evaluadas fueron: planchada de la sala de espera (sol y sombra, chapa; 4,5 m de altura), caucho negro (Animat Inc., Canadá) (sol y sombra, chapa; 3 m de altura), planchada de corrales (sol, 2 niveles de heces: bajo y alto), tierra (sol), y la temperatura de la cobertura vegetal a nivel del suelo de las sombras (nylon de 240 micrones tricapa, blanco en la parte superior y negro en la inferior, Pacifil SA; 4,5 m de altura), y red plástica (negra, 80% intercepción de la radiación solar; 4,5 m de altura). Las temperaturas fueron registradas utilizando un termómetro manual infrarrojo (CONTROL COMPANY; Traceable, Texas, EE. UU.), a las 13.00 horas. Las variables se analizaron ajustando un modelo lineal generalizado. El nivel de

significancia utilizado fue de 5%. En la Figura 5 se observa la importancia de la sombra y del tipo de material en la temperatura alcanzada en la superficie del mismo.

**FIGURA 5.** TEMPERATURA (MEDIA ± EEM, °C) según tipo de superficie al sol o sombra



Notas: EEM: Error Estándar de la Media; Barras con letras distintas muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, y a modo ilustrativo, se pueden ver distintos tipos de sombras (Figuras 6 a 10).

**FIGURA 6.** NYLON TRICAPA DE 240 MICRONES



Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 7.** NYLON TRICAPA DE 240 MICRONES, NEGRO ABAJO Y BLANCO ARRIBA PARA MEJORAR SU EFECTIVIDAD



*Fuente: Elaboración propia.*

**FIGURA 8.** MALLA SOMBRA CON 80% DE INTERCEPCIÓN



*Fuente: Elaboración propia.*



**FIGURA 9.** SOMBRA DE CHAPAS Y ESPACIO ENTRE LAS MISMAS PARA LOGRAR SECADO DEL PISO Y ELIMINAR CALOR



*Fuente: Elaboración propia.*

**FIGURA 10.** SOMBRA DE PLACAS PLÁSTICAS HECHAS 100% CON PLÁSTICO RECICLADO



*Fuente: Elaboración propia.*

Es importante también considerar otros aspectos como el de tener sombra en el corral de espera del tambo; evitar movimientos del ganado en situaciones u horarios de mucho calor y tener disponible agua fresca en cantidad y calidad (temperatura ideal de esta entre 16-18 °C). Conviene recordar que en condiciones de calor el animal puede triplicar sus ne-

cesidades de agua. Por esto, hay que calcular que el tamaño del bebedero y la reposición de agua puedan dar abasto a estas necesidades.

Finalmente, es necesario tomar recaudo con las categorías más susceptibles (vacas en lactancia temprana, animales con patologías preexistentes, vacas con alta producción y vacas con baja condición corporal), ya que podrían ocurrir muertes en casos de olas de calor. En ganado de carne, las categorías más susceptibles son los animales más gordos, animales recién llegados al establecimiento (mayor estrés) enfermos, y animales con baja condición corporal. Sin embargo, todos los animales deberían tener alguna forma de mitigar el calor.

Dado todo lo antes mencionado, es importante considerar todos los aspectos relacionados con las ventajas y desventajas de los distintos sistemas (natural y artificial), dependiendo del sistema productivo en el cual se quieran instalar (ganadería extensiva, ganadería intensiva, lechería). Antes de implementar un sistema de sombra y abrigo, es clave evaluar las distintas alternativas y los momentos en los que se podrían instalar las diferentes opciones, en muchos casos, de manera complementaria.

#### **4. Mejoras a partir de la provisión de sombra en sistemas de producción animal**

Luego de analizar una base de datos de siete experimentos que abarcaron el efecto del acceso a sombra en el desempeño productivo del ganado de carne en pastoreo en Uruguay, la superioridad en ganancia diaria de peso de los animales con sombra fue de 10% con respecto a los animales sin acceso a sombra (Simeone *et al.*, 2010; Rovira, 2012a, 2012b; Velazco *et al.*, 2012; Velazco y Rovira, 2012; Beretta *et al.*, 2013; Rovira, 2014). La mayor productividad genera más ingresos y la provisión de sombra actúa como un *buffer* amortiguando el efecto del estrés calórico en los animales, especialmente en veranos con condiciones climáticas más desafiantes. En trabajos que compararon distintas estrategias de sombra (natural *versus* artificial, mallas sombras con 35% *versus* 80% de intercepción radiación solar, sombra *ad libitum versus* restringida en horas más calurosas), la diferencia registrada en ganancia de peso asociada al tipo o manejo de la sombra fue nula o marginal, siendo la principal diferencia entre tratamientos con o sin sombra, independientemente del tipo de sombra. A una escala más amplia, sistemas silvopastoriles no solo presentan las ventajas de la sombra como prevención del estrés calórico,

sino que también se favorecen de mayor diversidad productiva, que brinda estabilidad económica ante las fluctuaciones de precios de sus principales productos, carne y madera.

A nivel de sistemas más intensivos bajo las condiciones imperantes en Uruguay, se observan efectos adversos del estrés calórico, principalmente en animales en lactancia temprana, pero también en vacas en lactancia tardía, primíparas y secas. Estos efectos pueden ser mitigados por el uso de sombra. En vacas multíparas de alta producción en lactancia temprana se observaron mejoras, por el acceso a sombra artificial, en la producción de leche corregida por sólidos de 5,4 kg/día, mientras que en vacas en lactancia tardía las mejoras fueron de 1,9 kg/día (Roman *et al.*, 2017). Cuando se incorporó sombra, las vacas primíparas en lactancia temprana presentaron un aumento de 1,5 kg/día de leche corregida por sólidos (La Manna *et al.*, 2014), mientras que en animales secos la mejora fue de 3,3 kg/día de leche corregida por sólidos en los primeros 60 días de lactancia (Roman *et al.*, 2017). En vacas de lactancia tardía no se vieron cambios en producción, pero sí se comprobó que los animales que no tuvieron acceso a ninguna medida de mitigación (tratamiento SOL) presentaron alteraciones en algunos parámetros sanguíneos y expresión diferencial de algunos genes relacionados con la respuesta al estrés térmico en particular (Fernández-Martín *et al.*, 2016). Esto indica que esos animales presentan alteraciones en la partición de los nutrientes –los nutrientes se usan para destinos distintos que la producción de leche–, alteraciones en su bienestar, y tienen el sistema inmune activado (Martínez *et al.*, 2017). En todos los experimentos se vio una reducción de la tasa respiratoria, principalmente en la tarde, en los animales que tenían acceso a sombra.

En ganado de carne, animales en fase de terminación a corral, el acceso a sombra *versus* estar al sol mejoró la ganancia media diaria en 15% y la eficiencia de conversión en 7% (Clariget *et al.*, 2018; Canozzi *et al.* 2021). La sombra también mejoró el bienestar animal al reducir la tasa respiratoria de manera significativa.

Independientemente de la magnitud de la respuesta en producción, el suministro de sombra promueve un mejor bienestar animal asociado a la disminución de la tasa respiratoria y probabilidad de jadeo, en comparación con animales expuestos al sol. En novillos en pastoreo en la región este de Uruguay, con promedio de 2 años, la tasa respiratoria diurna disminuyó 15% en los animales con acceso a sombra respecto de aquellos sin sombra (Rovira y Velazco, 2010, 2011), asociado a la menor

necesidad de disipar calor en los animales con sombra. La imposibilidad para el animal de usar o encontrar sombra en un día caluroso afecta su capacidad de expresar un comportamiento natural, lo que causa malestar y crea un estado afectivo (mental) negativo, afectando el funcionamiento biológico y la productividad animal posterior (Edwards-Callaway *et al.*, 2021). Esto demuestra que la problemática del bienestar animal es multifacética e incluye al menos tres orientaciones: el funcionamiento biológico, estados afectivos y comportamiento natural (Polsky y Von Keyserlingk, 2017). La mejora del bienestar animal en el predio es una forma de acercar los sistemas de producción animal al consumidor final en los centros urbanos, ya que estos últimos perciben positivamente que la carne que consumen provenga de animales que hayan sido tratados de forma ética y responsable en el campo. La importancia de la sombra en el bienestar animal no solo es un fenómeno reconocido, sino también exigido por programas de verificación por parte de terceros que han comenzado a incluir la provisión de sombra dentro de los estándares obligatorios de manejo del ganado (Global Animal Partnership, 2009; Certified Humane, 2019).

A medida que la radiación solar y las condiciones de estrés calórico se incrementan, el ganado también aumenta el tiempo a la sombra (Schütz *et al.*, 2009, 2010; Rovira, 2014), mientras que animales expuestos al sol incrementan el tiempo alrededor de la fuente de agua (Mader *et al.*, 1997; Schütz *et al.*, 2010). Por lo tanto, la sombra disminuye la probabilidad de ingreso de los animales a fuentes de agua, como ríos, arroyos, o tajamares, cuando los mismos no cuentan con la debida protección, evitando así la contaminación de recursos naturales. En general, los parámetros fisiológicos y de comportamiento animal, como la tasa respiratoria y la conducta de pastoreo, son los primeros en ser afectados por la provisión de sombra, anticipándose a los cambios productivos, como la ganancia de peso o la producción de leche, que comienzan a demostrarse a medida que las condiciones climáticas se vuelven más estresantes (Brown-Brandl *et al.*, 2005).

Desde el punto de vista ambiental, la sombra natural generada por montes artificiales, o en especial nativos, promueve la diversidad de ambientes y el mantenimiento de hábitats. En este marco, la conservación del monte y el manejo ganadero son incluidos en una misma matriz productiva, posibilitando la integración de todos los componentes y aprovechando los beneficios que cada uno aporta al sistema general (Borrás *et al.*, 2017). Independientemente de si se trata de plantaciones de montes

a gran escala (forestación), sistemas silvopastoriles, “islas” de árboles dentro de potreros de pastoreo, o montes nativos ribereños, lo importante es lograr una sinergia animales-árboles sin comprometer los servicios ecosistémicos brindados por los montes (refugio de fauna, secuestro de carbono, etc.). Cuando no se dispone de sombra natural, la confección de estructuras de sombra artificial en los potreros de pastoreo o en áreas “sociales” con provisión estratégica de agua y sombra permite disminuir el riesgo de estrés calórico en animales y brinda la posibilidad de reutilizar distintos materiales usados para su confección, como las bolsas plásticas utilizadas para la confección de ensilajes. En cuanto a la conveniencia de utilizar sombra artificial antes que la natural, va a ser función del tiempo (urgencia con la que el productor precise darle bienestar a su ganado), del tipo de suelo –para suelos más productivos sería mejor una sombra artificial ya que se puede removerla y reutilizar parte de su estructura cuando ese campo entra en rotación con cultivos no pastoreables–, de la ubicación geográfica –sería inconveniente cercana a bajos con arroyos y ríos o zonas inundables, ya que el monte permite disminuir la erosión y el escurrimiento superficial si fueron bien planeados), o de una combinación de estas alternativas.

En lo que respecta a la calidad de vida de los productores, varios factores contribuyen. Por un lado, la disponibilidad de una aplicación como INIA Termoestrés,<sup>3</sup> que posibilita a los productores y técnicos disponer del ITH con siete días de anticipación. Esto permite prever las medidas necesarias para minimizar los efectos del estrés por calor y evitar pérdidas en bienestar y producción animal. Esto es claro cuando las soluciones estructurales implementadas en el predio no son suficientes y el productor debe elegir cuándo y cómo manejar el ganado para minimizar el impacto del calor. Por otro lado, el hecho de tener sombra incorporada en los sistemas otorga a los productores cierta flexibilidad en el tiempo que dedican al monitoreo, control y movimiento de animales, ya que parte de las medidas de mitigación están accesibles en el sistema.

La Tabla 3 muestra un resumen cualitativo de los principales beneficios de la tecnología propuesta en las dimensiones productiva, ambiental, y socioeconómica, aspectos clave en procesos de transición hacia sistemas productivos más sostenibles.

---

3 Disponible en: <<http://www.inia.uy/gras/Alertas-y-herramientas/Prevision-ITH-Vacunos/INIA-Termoestres>>.

**TABLA 3. BENEFICIOS PRINCIPALES ESPERADOS EN LAS DIMENSIONES PRODUCTIVA, SOCIOECONÓMICA Y AMBIENTAL ASOCIADOS A LA PROVISIÓN DE SOMBRA EN GANADERÍA**

<b>Dimensión</b>	<b>Atributo</b>	<b>Beneficio*</b>
Productiva	Ganancia de peso	++
	Eficiencia de conversión	++
	Producción de leche	++
	Conducta animal	++
Socioeconómica	Bienestar animal	+++
	Ingreso	++
	Resiliencia	++
	Vulnerabilidad	++
	Acerca producción a consumidores	++
	Calidad de vida	++
Ambiental	Protección de hábitats	+
	Contaminación ambiental	+
	Diversidad aérea (árboles)	++
	Servicios ecosistémicos	++
	Reciclaje (materiales sombra)	++

\*Nivel de beneficio: + = bajo, ++ = medio, +++ = alto.

Fuente: Elaboración propia.

La transformación hacia sistemas de producción animal con mayor provisión de sombra a los animales basados en principios de bienestar animal repercute a nivel de las diferentes dimensiones y favorece sinergias e interacciones que benefician al sistema en su conjunto.

## Bibliografía

- Bacon, C. M., Getz, C. y Montenegro, M.**  
(2012), "The Social Dimensions of Sustainability and Change in Diversified Farming Systems", en *Ecology and Society*, 17, p. 41.
- Baumgard, L. H. y Rhoads Jr., R. P.**  
(2005), "Effects of Heat Stress on Postabsorptive Metabolism and Energetics", en *Annu. Rev. Anim. Biosci.*, 1, pp. 7.1-7.27.
- Beede, D. K. y Collier, R. J.**  
(1986), "Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress", en *Journal of Animal Science*, 62, pp. 543-554.
- Belhadj Slimen, I., Najar, T., Ghram, A. y Abdrrabba, M.**  
(2015), "Heat stress effects on livestock: molecular, cellular and metabolic aspects, a review", en *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100, pp. 401-412.
- Beretta, V., Simeone, A. y Bentancur, O.**  
(2013), "Manejo de la sombra asociado a la restricción del pastoreo: efecto sobre el comportamiento y performance estival de vacuno", en *Agrociencia Uruguay*, 17, pp. 131-140.
- Bernabucci, U., Lacetera N., Baumgard L. H., Rhoads R. P., Ronchi B. y Nardone, A.**  
(2010), "Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants", en *Animal*, 4:7, pp. 1167-1183.
- Binns, P., Petrov, R. y Lott, S.**  
(2002), *Feedlot shade design – Literature review*, Meat and Livestock Australia, North Sydney.
- Bohmanova, J., Misztal, I. y Cole, J. B.**  
(2007), "Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress", en *J. Dairy Sci.*, 90, pp. 1947-1956.
- Borrás, M., Manghi, E., Miñarro, F., Monaco, M., Navall, M., Peri, P., Periago, M. E. y Preliasco, P.**  
(2017), *Acercando el Manejo de Bosques con Ganadería Integrada al monte chaqueño. Una herramienta para lograr una producción compatible con la conservación del bosque. Buenas prácticas para una ganadería sustentable. Kit de extensión para el Gran Chaco*, Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires.
- Brazeiro, A.**  
(2018), "Bosques de Uruguay: Necesidades de investigación para la gestión sustentable y conservación", en *Recientes avances en investigación para la gestión y conservación del bosque nativo de Uruguay*, Facultad de Ciencias, MGAP, BMEL, Montevideo, pp. 12-16.

**Brown-Brandl, T. M., Eigenberg, R. A., Nienaber, J. A. y Hahn, G. L.** (2005), “Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 1: Analyses of Indicators”, en *Biosystems Engineering*, 90, pp. 451-462.

**Canozzi, M. E. A. et al.**

(2022), *Shade effect on behaviour, physiology, performance, and carcass weight of heat-stressed feedlot steers in humid subtropical area*. *Animal Production Science* <https://doi.org/10.1071/AN22128>.

**Castaño, J. P., Giménez, A., Ceroni, M., Furest, J., Aunchayna, R. y Bidegain, M.**

(2011), *Caracterización agroclimática del Uruguay 1980-200* (Nº 551.58: 631 CAR).

**Certified Humane**

(2019), *Humane farm animal care animal care standards*. Disponible en: <<https://2gn8ag2k4ou3ll8b41b7v2qp-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/App20.BeefCattle.4H.pdf>> [Consulta: 24 de mayo de 2021].

**Clariget, J. M. et al.**

(2018), *Mitigación del estrés calórico en novillos terminados a corral*. [Mitigation of heat stress in feedlot fattening steers]. *Revista Argentina de Producción Animal*, 38, 1.

**Collier, R. J., Baumgard, L. H., Zimelman, R. B. y Xiao, Y.**

(2019), “Heat stress: physiology of acclimation and adaptation”, en *Animal Frontiers*, 9, pp. 12-19.

**Edrington, T. S., Schultz, C. L., Genovese, K. J., Callaway, T. R., Looper, M. L., Bischoff, K. M., McReynolds, J. L., Anderson, R. C. y Nisbet, D. J.**

(2004), “Examination of heat stress and stage of lactation (early versus late) on fecal shedding of *E. coli* O157:H7 and *Salmonella* in dairy cattle”, en *Food-borne Pathogens and Disease*, 1, pp. 114-119.

**Edwards-Callaway, L. N., Cramer, M. C., Cadaret, C. N., Bigler, E. J., Engle, T. E. Wagner, J. J. y Clark, D. L.**

(2021), “Impacts of shade on cattle well-being in the beef supply chain”, en *Journal of Animal Science*, 99, pp. 1-21.

**FAWC (Farm Animal Welfare Council)**

(1992), “Updates the five freedoms”, en *Veterinary Record*, 17, p. 357.

**Fernández-Martín, R., Martínez, R., Miccoli, F., Hidalgo, F. S., Roman, L., La Manna, A. y Palladino, A.**

(2016), “Expresión génica en hígado de vacas lecheras en lactancia avanzada bajo distintas estrategias de manejo del ambiente térmico”, en *Revista Argentina de Producción Animal*, v. 36, 1, p. 189.

**Global Animal Partnership (GAP)**

(2009), *Global Animal Partnership 5-Step™ Animal Welfare Rating Standards*



for *Beef Cattle*. Disponible en: <<https://globalanimalpartnership.org/wp-content/uploads/2017/06/5-Step%C2%AE-Animal-Welfare-Rating-Standards-for-Beef-Cattle-v1.0.pdf>> [Consulta: 24 de mayo de 2021].

**Hahn, G. L., Gaughan, J. B., Mader, T. L. y Eigenberg, R. A.**

(2009), "Thermal indices and their applications for livestock environments", en De Shazer, J. A. (ed.), *Livestock energetics and thermal environment management*, ASABE, St. Joseph, cap. 5, pp. 113-130.

**Hamel, J., Zhang, Y., Wenthe, N. y Krömker, V.**

(2021), "Heat stress and cow factors affect bacteria shedding pattern from naturally infected mammary gland quarters in dairy cattle", en *Journal of Dairy Science*, 104, pp. 786-794.

**Huertas, S., Piaggio, J., Gil, A., César, D. y De Torres, E.**

(2013), *Bienestar Animal en Bovinos Lecheros, Proyecto FPTA-244: Evaluación del bienestar animal en la productividad de bovinos lecheros*, Serie FPTA 51, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Montevideo.

**IPCC**

(2018), "Summary for Policymakers", en Masson-Delmotte, V., Zhai, P., H.-O. Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P.R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J. B. R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M. I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M. y Waterfield, T. (eds.), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*.

**La Manna, A., Roman, L., Bravo, R. y Aguilar, I.**

(2014), "Estrés térmico en vacas lecheras: con sombra y bienestar las vacas producen más", en *Revista INIA*, 39, pp. 34-39.

**Lees, A. M., Sejian, V., Wallage, A. L., Steel, C. C., Lees, J. C. y Gaughan, J. B.**

(2019), "The impact of heat load on cattle", en *Animals*, 9, p. 322.

**Lucas, C., Puchi, P., Profumo, L. y Ferreira, A.**

(2018), "Tasa de incremento anual de *Scutia buxifolia* (Coronilla) y *Vachellia caven* (Espinillo) en Uruguay", en *Recientes avances en investigación para la gestión y conservación del bosque nativo de Uruguay*, Facultad de Ciencias, MGAP, BMEL, Montevideo, pp. 18-20.

**Mader, T. L., Davis, M. S. y Brown-Brandl, T.**

(2006), "Environmental factor influencing heat stress in feedlot cattle", en *Journal of Animal Science*, 84(3), pp. 712-719. Disponible en: <<https://doi.org/10.2527/2006.843712x>>.

**Mader, T. L., Fell, L. R. y McPhee, M. J.**

(1997), "Behavior response of non-Brahman cattle to shade in commercial feedlots", en *Livestock Environment*, 5, pp. 795-802.

**Marrero, L. y Bizzarero, F.**

(2017), *Desafíos y oportunidades para avanzar las Contribuciones Nacionales en el sector agropecuario y bosques en América Latina: El caso de Uruguay*, Centro Uruguay de Tecnologías Apropriadas – Plataforma Climática Latinoamericana, 29 pp.

**Martínez, R., Palladino, A., Pla, M., Román, L. y La Manna, A.**

(2021), “Access to shade during the dry period improves the performance of multiparous Holstein cows”, en *Animal Production Science* V 61(16) 1706-1714 <https://doi.org/10.1071/AN18797>

**MGAP**

(2020), Proyecto ganadero familiares y cambio climático, en Martínez, M. (ed.), Publicación final, 109 pp.

**MGAP-OPYPA**

(2018), Resultados de la Encuesta Ganadera Nacional 2016.

**Nagy, G., Bidegain, M., Verocai, J. y De los Santos, B.**

(2018), Escenarios climáticos futuros sobre Uruguay. Basados en los nuevos escenarios socioeconómicos RCP, Ministerio De Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), División de Cambio Climático (DCC), Montevideo.

**Perkins-Kirkpatrick, S. E. y Lewis, S. C.**

(2020), “Increasing trends in regional heatwaves”, en *Nature Communications*, 11, p. 3357.

**Polsky, L., Von Keyserlingk, M. A. G.**

(2017), “Invited Review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare”, en *Journal of Dairy Science*, 100, pp. 8645-8657.

**Pravia, M. I., Montossi, F., Andregnette, B., Invernizzi, G., Ayala, W., Cuadro, R. y Porcile, V.**

(2013), “Resultados y análisis de la encuesta tecnológica realizada a los productores del GIPROCAR II”, en Montossi, F. (ed.), *Invernada de Precisión: pasturas, calidad de carnes, genética, gestión empresarial e impacto ambiental* (GIPROCAR II) Serie Técnica 211, INIA, Montevideo, pp. 7-30.

**Proyecto REDD+ Uruguay**

(2019), *Informe consolidado de los talleres de participación y consulta sobre causales de deforestación y degradación de bosque, y beneficios múltiples*. Justo, C., Rodríguez, P. y Martino, D. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca-Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, Montevideo.

**Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., de Basilio, V., Gourdine, J. L. y Collier, R. J.**

(2012), “Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production”, en *Animal*, 6, pp. 707-728.

**Roman, L. y La Manna, A.**

(2015), “Incidencia de la radiación solar directa o de la sombra sobre la tempera-

tura de diferentes superficies”, en *Revista Argentina de Producción Animal*, v. 35, Supl 1, p. 135.

**Román, L., Morales Piñeyrúa, J. T., Banchemo, G. y La Manna, A.** (en revisión), “Access to shade during the dry period improves the performance of multiparous Holstein cows”, enviado a *Animal Production Science*.

**Román, L., Saravia, C., Astigarraga, L., Bentancur, O. y La Manna, A.** (2017), “Effect of shade access combined with or without sprinkling and ventilation on performance of Holstein cows in two lactation stages”, en *Animal Production Science*, v. 59, 2, pp. 347-358.

**Rovira, P.**

(2012a), “Efecto de la disponibilidad de sombra en la ganancia de peso y conducta de novillos sobre sudangrass”, en *Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles en la región este del Uruguay*, Serie Técnica INIA 202, INIA, Montevideo, pp. 37-44.

**Rovira, P.**

(2012b), “Efecto de la sombra artificial en la recría de novillos sobre praderas durante el verano”, en *Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas Pastoriles en la región este del Uruguay*, Serie Técnica INIA 202, INIA, Montevideo, pp. 60-71.

**Rovira, P.**

(2014), “The effect of type of shade on physiology, behaviour and performance of grazing steers”, en *Animal*, 8, pp. 470-476.

**Rovira, P. y Velazco, J.**

(2010), “The effect of artificial or natural shade on respiration rate, behavior and performance of grazing steers”, en *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 53, pp. 347-353.

**Rovira, P. y Velazco, J.**

(2011), “The effect of free or restricted access to artificial shade on respiration rate, behavior and performance of grazing steers”, en *Online Journal of Animal and Feed Research*, 6, pp. 293-298.

**Saravia, C., Bentancur, O. y Cruz, G.**

(2003), “Caracterización de diferentes situaciones del ambiente utilizando esferas de Vernon”, en 13 Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Santa Maria (Brasil), Anais, Santa Maria, SBA/UFSM/UNIFRA, pp. 651-652.

**Schütz, K. E., Rogers, A. R., Cox, N. R. y Tucker, C. B.**

(2009), “Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behaviour, and body temperature”, en *Applied Animal Behavior Science*, 116, pp. 28-34.

**Schütz, K. E., Rogers, A. R., Poulouin, Y. A., Cox, N. R. y Tucker, C. B.**

(2010), “The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle”, en *Journal of Dairy Science*, 93, pp. 125-133.

**Serie técnica INIA-REDD+**

(en prensa).

**Simeone, A., Beretta, V. y Caorsi, J.**

(2010), “¿Es importante la sombra que proporcionan los montes de la forestación para la performance del ganado de carne durante el verano?”, en *La forestación y la ganadería en el Uruguay*, UPM Forestal Oriental, pp. 29-41.

**St-Pierre, N. R., Cobanov, B. y Schnitkey, G.**

(2003), “Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries”, en *Journal of Dairy Science*, 86 (E. Suppl.), E52-E57.

**Thom, E. C.**

(1959), “The discomfort index”, *Weatherwise*, 12(2), pp. 57-61. Disponible en: <<https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>>.

**Thornton, P. K., Van de Steeg, J., Notenbaert, A. y Herrero, M.**

(2009), “The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know”, en *Agricultural Systems*, 101, pp. 113-127.

**Tiscornia, G., Montossi, F., La Manna, A., Paruelo, J. y Rovira, P.**

(en prensa), *Las restricciones climáticas en los sistemas ganaderos y el papel de los bosques nativos*, Serie técnica INIA-REDD+.

**Tittonell, P.**

(2019), “Las transiciones agroecológicas: múltiples escalas, niveles y desafíos”, en *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, Universidad Nacional de Cuyo, 51(1), pp. 231-246.

**Valtorta, S. E. y Gallardo, M. R.**

(1996), “El estrés por calor en producción lechera. En el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimenta Rafaela, Argentina”, en *Miscelánea*, 81, pp. 173-185.

**Velazco, J., Ezquivel, J. E. y Rovira, P.**

(2012), “Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangrass durante el verano”, en *Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles en la región este del Uruguay*, Serie Técnica INIA 202, INIA, Montevideo, pp. 45-58.

**Velazco, J. y Rovira, P.**

(2012), “Efecto del tipo de sombra en la ganancia de peso, tasa respiratoria y conducta de novillos sobre sudangrass”, en *Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles en la región este del Uruguay*, Serie Técnica INIA N° 202, inia, Montevideo, pp. 59-70.

**Venegas-Vargas, C., Henderson, S., Khare, A., Mosci, R. E., Lehner, J. D., Singh, P., Ouellette, L. M., Norby, B., Funk, J. A., Rust, S., Bartlett, P. C., Grooms, D. y Manning, S. D.**

(2016), “Factors Associated with Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* Shedding by Dairy and Beef Cattle”, en *Applied and Environmental Microbiology*, 82, pp. 5049-5056.

**Zimelman, R. B., Rhoads, R. P., Baumgard, L. H. y Collier, R. J.**

(2009), “Revised temperature humidity index (THI) for high producing dairy cows”, en *Journal of Dairy Science*, 92(E-Suppl.), p. 347.